经济复杂度测算方法及在经济技术进步分析上的应用

刘新建

（燕山大学经济管理学院，河北秦皇岛 066004）

摘 要：经济发展进步使得生产过程越来越复杂，复杂度指数可以反映经济及产业部门的技术进步水平。文章修正了一种基于投入产出技术的经济复杂度指数，并用于分析一个地区的产业部门及经济总体技术进步水平。实证结果表明，修正过的复杂度指数能很好地表达经济及产业部门的经济技术进步水平，比修正前的计算公式更合理。

关键词：经济复杂度；复杂度指数；经济技术进步；投入产出

The Measurement Method of Economic Complexity and its Application in the Analysis of Economic and Technological Progress

LIU Xinjian

(School of Economics and Management, Yanshan University, Qinhuangdao 066004, China)

Abstract: Economic development and progress make the production process more and more complex. The complexity index can reflect the level of technological progress of the economic and industrial sectors. This paper revises an index of economic complexity based on Input-output Technology, which is used to analyze the industrial sector and the overall level of technological progress of regions. The empirical results show that the modified complexity index can well express the level of economic and technological progress of economic and industrial sectors, which is more reasonable than the calculation formula before the modification.

Keywords: economic complexity； complexity index； economic and technological progress； input-output

复杂度本来是系统科学中的一个概念，如算法的时间复杂度刻画了求解一类模型所需时间与模型规模的关系，算法的空间复杂性刻画了计算机求解一类模型所需的存储空间与模型规模的关系。在经济学研究中，哈佛大学研究团队提出了产品空间理论[1]。在产品空间理论中，产品复杂度是产品能力高阶性的衡量维度，体现生产能力尤其是技术能力“强”的程度。国家产品复杂度是国家整体生产技术含量的综合反映，体现一国产品“既强且多”的程度。在另一个方向上，投入产出技术应用产业部门间的技术经济联系做经济分析，其列昂惕夫逆系数正反映了产品生产技术的多层次联系，于是形成了以投入产出关系为基础的一些经济复杂度测算方法[2][3][4]。

在经济现代化过程中，制造业与生产性服务业是一对孪生兄弟，相互促进，共同发展。定量描述两者的关系是学术研究的一个重点。在研究方法的应用上可以分为四个类型。第一类方法是应用投入产出分析中关联系数进行分析。国内学者较早进行这方面研究是在 2005 年，有一篇博士学位论文（李金勇，2005）[5]和一篇硕士学位论文（王金武，2005）[6]。最近几年这方面的研究很热，2019 年有 19 篇以上文章，2018 年有 45 篇文章。第二类方法是使用回归分析在生产性服务业和制造业的增加值之间建立相关关系，有时在自变量集合中加入其它因素[7]。第三类是将投入产出分析与回归分析相结合，如汪斌、金星等利用 15 个发达国家的投入产出表数据，以生产部门总产出为因变量、各部门中间投入中的制造业产品和

生产性服务业产品为自变量建立计量模型[8]。第四类是设计一些关系指数表达生产性服务业与制造业之间的密切关系，如杜传忠、王鑫（2013）[9]首先构造了生产性服务业和制造业的综合发展水平指数，然后用流行的耦合度计算公式测算了二者的协调度。

制造业与生产性服务业的共同发展是建立在二者的技术水平不断提高的基础上的，但上面的生产性服务业与制造业关系研究中，都没有对技术水平的测度。根据经济学原理，经济的发展增长是利用了所谓的“迂回”生产法，即通过生产资料的积累形成固定资本，再进一步生产出最终产品。在资本的积累过程中，需要不断提高技术水平，否则简单积累是无法实现长期增长的。随着技术水平的提高，生产过程需要越来越多的中间产品投入。一般来说，技术水平越高，从原始原材料到消费使用的最终产品经过的步骤就越复杂，所以就有人提出了产品复杂度甚至经济复杂度的概念来描述技术水平。

本文对文献[3]的复杂度测算方法做了修改，提出基于产业复杂度的生产性服务业与制造业适应性分析方法。

1 产业复杂度概念与测算

投入产出技术作为经济数量分析方法，其基础和出发点是一张投入产出表，在这张表中，首先将经济系统的生产者分为若干个部门，其次，将经济系统对各种产品的使用分为中间使用和最终使用，再将每个部门的生产投入分为中间流量投入、最初流量投入和存量投入。中间使用是各部门在生产过程中对产品的消耗，最终使用包括居民住户消费、公共消费、资本形成和净出口。中间投入和中间使用是分别从使用者和供给者的角度去看待同一个数据，统称为中间流量，其正反映了生产部门之间的相互联系。最初投入从投入角度是关于劳动投入和资本消耗，但在记录上是生产要素所有者获得的收入，包括固定资产折旧提取、劳动报酬、营业盈余，还有生产税减生产补贴。基本的存量投入包括固定资产、库存资产、劳动力和土地，不过一般投入产出表数据尚不包括存量部分。因为是以价格量记录的，所以，投入产出表所反映的是各部门间的技术和经济的混合关系。

根据投入产出关系，一种产品的生产首先是直接投入了各种产品，而这些投入的产品又要通过一定的投入组合生产出来，这样就形成了一个产品链条。从定性上看，这条链条的长度应该反映产品生产的技术层次。技术层次越复杂，其水平应该越高，否则，如果技术很复杂还效益较低，其将被经济法则淘汰。所以，可以把一种产品生产所需的链条长度定义为该产品部门的生产复杂度。当把一个部门看作一个产业时，部门的生产复杂度就是产业复杂度。显然，这种复杂度与一个单独的生产机构的产品的内部生产过程复杂性是不同的，属于经济复杂度，其依赖于整个经济系统的结构。

1.1 Erik 和 Romero 的经济复杂度测算方法

设一个经济体有 n 个生产部门，其在一个时期 t 的投入产出表如式(1)：

$$\begin{pmatrix} X & Y \\ Z & \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Q \end{pmatrix} \tag{1}$$

其中，Q 是总产出向量，其元素 Q_i 表示部门 i 在时期 t 的总产出；X 是中间流量矩阵，其元素 X_{ij} 表示部门 j 在时期 t 的生产过程中为生产 Q_j 所消耗的部门 i 的产品（以下简称产品 i）的量；Y 是最终使用向量，其元素 Y_i 表示在时期 t 产品 i 用于最终使用的量；Z 是最初投入向量（是行向量），其元素 Z_j 是部门 j 在时期 t 因为生产 Q_j 而形成的增加值。

由投入产出表式（1），可以得到平衡关系：

$$Xe + Y = Q \tag{2}$$

其中，e 表示一个所有元素都为 1 的列向量。因为一个行向量左乘 e 就得到该行向量所有元素之和，所以，e 也被称为求和向量。

定义

$$A = X\hat{Q}^{-1} \tag{3}$$

其中，$\hat{Q}$ 表示由 Q 的元素为主对角元素的对角矩阵。A 被称为直接消耗系数矩阵，其元素 a_{ij} 的经济意义可以理解为生产单位产品 j 所需消耗的产品 i 的量。

式（3）代入式（2）后可以解得：$Q = (E - A)^{-1}Y$。这里 E 是单位矩阵。令 $L = (E - A)^{-1}$，矩阵 L 被称为列昂惕夫逆，其元素 l_{ij} 的经济意义可以理解为：为了生产 1 单位的产品 j 作为最终使用而需要整个经济系统生产产品 i 的量。当 A 来自一个实际经济过程时，L 的存在性是有保证的。在数学上可以证明：

$$B = L - E = \sum_{k=1}^{\infty} A^k \tag{4}$$

其中 A^k 是矩阵 A 的 k 次幂。B 被称为完全消耗系数矩阵，其元素 b_{ij} 的经济意义是为了生产 1 单位的产品 j 作为最终使用而需要整个经济系统在生产过程中消耗的产品 i 的量。

式（4）的第一项 A 就是直接消耗系数矩阵，第二项 A^2 是为了生产 A 需要的各种消耗，属于二次间接消耗，依次类推，A^k 是 k 次间接消耗。在 L 存在时，式（4）右端的级数必然收敛。可以看出，如果每经过一次间接消耗算一步，那么，生产任何一个单位的最终产品经过的步数都是 ∞，无法区分出各产业的经济复杂度。为此，文献[3]设计了一个加权计算法，令

$$H = \sum_{k=1}^{\infty} kA^k \tag{5}$$

则可以证明：

$$H = L(L - E) \tag{6}$$

矩阵 H 的元素 h_{ij} 的经济意义可以理解为：产品 i 在生产一个单位的产品 j 做最终使用的全经济生产过程中平均所需经过的步数，以分量形式可以表示为：

$$h_{ij} = a_{ij} + 2\sum_{k=1}^{n} a_{ik}a_{kj} + 3\sum_{k=1}^{n}\sum_{s=1}^{n} a_{ik}a_{ks}a_{sj} + \ldots\ldots \tag{7}$$

因为 $a_{ij} + \sum_{k=1}^{n} a_{ik}a_{kj} + \sum_{k=1}^{n}\sum_{s=1}^{n} a_{ik}a_{ks}a_{sj} + \ldots\ldots = b_{ij} \neq 1$，所以，为了权重归一化的要求，

产品 i 为生产一个单位的产品 j 做最终使用在全经济生产过程中平均所需经过的步数的规范算式应为：

$$APL_{ij}=\frac{h_{ij}}{b_{ij}},\quad i,j=1,2,\cdots n \tag{8}$$

文献[3]定义：

$$BA_j=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}APL_{ij},\quad j=1,2,\cdots n \tag{9}$$

BA_j 的经济意义是增加一个单位对产品 j 的最终使用对所有部门产品后向需求拉动的平均波及步数。同时定义 $FA_i=\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}APL_{ij}(i=1,2,\cdots n)$，为部门 i 对所有部门的前向成本推动的平均波及步数。

进一步，整个经济系统的复杂度指数被定义为：

$$CI_E=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}APL_{ij} \tag{10}$$

Erik、Romero（2007）认为，CI_E 的经济意义是从前向关联看所有部门成本上升对其他部门波及影响的平均步数，或从后向关联看所有部门需求增加对其他部门波及影响的平均步数。这样，部门间关联度越强，生产所经历的产业链就越长，经济复杂度指数就越高，反之，经济复杂度指数就越低[10]。

1.2 修正的经济复杂度指数

根据式（8），APL_{ij} 的经济意义是产品 i 为生产 1 单位的产品 j 做最终产品所需经过的平均步数，或从产品 i 到产品 j 所需经过的平均步数。因为 APL_{ij} 是对产品 j 的生产复杂性的描述，所以，APL_{ij} 对 j 求和以 FA_i 描述产品 i 的复杂性不合适。再看式（9），因为 APL_{ij} 是用 b_{ij} 相除的结果，所以其意义是从单位产品 i 到单位产品 j 的复杂性，因而，式（9）相当于对每种产品赋予相同的权重，所以 BA_j 的定义也是有缺陷的。

从上述分析中知道，BA_j 的不合理性是由于 APL_{ij} 先行对产品 i 除权的结果，为此，重新定义一个产业部门的经济复杂度为：

$$IC_k=\frac{\sum_{i=1}^{n}b_{ik}APL_{ik}}{\sum_{i=1}^{n}b_{ik}}=\frac{\sum_{i=1}^{n}h_{ik}}{\sum_{i=1}^{n}b_{ik}},\quad j=1,2,\cdots n \tag{11}$$

整体经济的生产复杂度修正为：

$$CI_E = \frac{1}{\sum_{j=1}^{n} Y_j} \sum_{j=1}^{n} Y_j IC_j = \sum_{j=1}^{n} y_j IC_j \tag{12}$$

其中，y_j 表示产品 j 在总最终使用即 GDP 中的比重，向量 $y = (y_j)$ 即表示最终使用的产品结构。式（12）意味着经济整体的复杂度等于各部门的生产复杂度的加权平均数，权重是最终使用的产品部门结构。

2 生产性服务业与制造业关系分析方法

如果把复杂度变化作为产业和经济总体技术水平的变化测度，那么，随着经济的发展，产业复杂度和经济总体复杂度都应该是上升的。对相互关联的产业，其产业复杂度也应是紧密相关的。

在计算出各类复杂度以后，可以对生产性服务业和制造业产业的关系从多途径进行分析，比如，基于时间序列数据以后可以建立回归模型，基于两个时期的数据可以进行多因素影响分析，最简单的可以比较不同时期和不同经济体的复杂度，计算制造业产品和生产性服务部门产品生产复杂度的相关系数。

本文下面将总体部门集合分为三个子集：制造业产品部门集（以 M 标识）、生产性服务部门集（以 S 标识）和其他产品部门集（以 T 标识），基于河北省几个年度的投入产出表通过直观比较和复杂度相关系数，分析河北省生产性服务业和制造业产业的适应性，并与全国平均情况做个对比。部门集类的生产复杂度计算公式如下：

$$IC^k = \frac{1}{\sum_{j \in k} Y_j} \sum_{i \in k} Y_i IC_i = \sum_{j \in k} y_j IC_j, \quad k = M, S, T \tag{13}$$

3 河北省生产性服务业和制造业产业的适应性分析

河北省环绕京津，对于现代先进科技和创新发明有先天的近水楼台先得月的优势，但是，从经济数据事实观察，河北省显然没有很好利用这种优势。下面利用已经公开发布的河北及中国 2002 到 2015 年间各六个投入产出表，基于部门生产复杂度指数考察其生产性服务业与制造业发展的适应性。

3.1 数据整理

本文使用的投入产出表为河北省统计局和国家统计局分别编制的河北省和中国 2002、2205、2007、2010、2012 和 2015 年 42 部门表。因为各年之间原表部门的划分存在差异，因此，对这些表进行部门综合，形成部门口径基本统一的 36 部门表，部门分类见表 1。

表 1　36 部门名称及与 42 部门分类对应

36 部门名称	42 部门对应	36 部门名称	42 部门对应	36 部门名称	42 部门对应
农林牧渔产品和服务	同 36 部门	非金属矿物制品	同 36 部门	建筑	同 36 部门
煤炭采选产品	同 36 部门	金属冶炼和压延加工品	同 36 部门	批发和零售	同 36 部门
石油和天然气开采产品	同 36 部门	金属制品	同 36 部门	交通运输、仓储和邮政	交通运输及仓储业，邮政业
金属矿采选产品	同 36 部门	非电气机械设备	通用设备，专用设备，仪器仪表，文化办公用机械	住宿和餐饮	同 36 部门

非金属矿和其他矿采选产品	同 36 部门	交通运输设备	同 36 部门	信息传输、软件和信息技术服务	同 36 部门
食品和烟草	同 36 部门	电气机械和器材	同 36 部门	金融	同 36 部门
纺织品	同 36 部门	通信设备、计算机和其他电子设备	同 36 部门	房地产	同 36 部门
纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品	同 36 部门	其他制造	同 36 部门	租赁和商务服务	租赁和商务服务，旅游业
木材加工品和家具	同 36 部门	废品废料	同 36 部门	科技研究、技术服务及其他社会服务	研究与试验发展业（科学研究），综合技术服务业，水利、环境和公共设施管理业，居民服务和其他服务业
造纸印刷和文教体育用品	同 36 部门	电力、热力的生产和供应	同 36 部门	教育	同 36 部门
石油、炼焦产品和核燃料加工品	同 36 部门	燃气生产和供应	同 36 部门	文化、体育和娱乐	同 36 部门
化学产品	同 36 部门	水的生产和供应	同 36 部门	卫生、公共管理、社会保障和其他社会工作	卫生、社会保障和社会福利业，公共管理、社会保障和社会组织

因为 2002 和 2005 年投入产出表中废品废料部门的投入都为 0，这将使得该部门的复杂度异常，为此在对应废品废料部门对自身的消耗中添加很小的小数如 0.000001，这使得废品废料部门的复杂度恒为 1，但对其它部门复杂度的影响小得可以忽略，在三位小数精度下没有显示差异。即使把 2007 年河北省投入产出表的废品废料部门中间投入填入 2000 年表，对部门复杂度的影响也在 0.15%内。

因为投入产出表数据量巨大，统计误差相对会大一些。为了检验误差对复杂度计算的影响，对 2015 年中国投入产出表中间流量最大值进行灵敏度分析。若最大值减小 10%，使得对应部门（化学产品）复杂度由 3.26458 变为 3.22292，减小 1.28%；使得经济总体复杂度由 3.20668 变为 3.18856，减小 0.57%；使得部门最大复杂度由 3.41067 变为 3.51869，增大 3.17%。若最大值增大 10%，则本部门复杂度增大 1.33%，部门最大复杂度提高 4.15%，经济总体复杂度提高 0.58%。可以认为，由投入产出技术计算的复杂度具有较强的统计稳健性。

3.2 河北省制造业与生产性服务业的复杂度变动与适应性

根据公式（11）和（12）及投入产出表数据计算的河北省六个年份分产业部门复杂度见表 2。表中，第一组是其他部门集合，第二组是制造业部门集合，第三组是生产性服务部门集合。因为投入产出表中每一个部门产品都既可做中间产品也可做最终产品，所以，本文基本选取各年份中间使用率大于 0.5 的服务部门为生产性服务部门，同时考虑各年份的差异大小。

表 2 河北省分部门经济复杂度

		2002	2005	2007	2010	2012	2015
其他部门	农林牧渔产品和服务	2.48538	2.43130	2.69681	2.74697	2.67580	2.93208
	煤炭采选产品	2.49443	2.51854	2.75611	2.78236	2.57084	2.90118
	石油和天然气开采产品	2.46649	2.31300	2.87783	2.82590	2.92094	3.16874

	金属矿采选产品	2.50379	2.58358	2.80957	2.74518	2.89278	3.17546
	非金属矿和其他矿采选产品	2.46216	2.59496	2.89835	2.82941	2.85168	3.09287
	废品废料	1.00000	1.00000	2.16857	2.81061	2.98613	3.63580
	电力、热力的生产和供应	2.37920	2.48172	2.69457	2.77303	2.81682	3.02338
	燃气生产和供应	2.44988	2.40069	2.73456	2.68064	2.80966	3.04557
	水的生产和供应	2.47422	2.48727	2.74519	2.74771	2.86191	3.05813
	建筑	2.54757	2.64326	2.94630	2.86468	3.04724	3.33210
	房地产	2.59634	2.65143	2.87433	2.85565	2.61367	2.60605
	教育	2.41353	2.56762	2.74364	2.75793	2.87296	3.15668
	卫生、公共管理、社会保障和其他社会工作	2.42662	2.62725	2.83411	2.81653	2.77750	3.12680
制造业部门	食品和烟草	2.43326	2.38783	2.61813	2.61140	2.56028	2.78337
	纺织品	2.59525	2.55803	2.69726	2.71419	2.63630	2.81894
	纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品	2.63451	2.59302	2.80427	2.80091	2.68817	2.89653
	木材加工品和家具	2.57936	2.60551	2.87627	3.00650	2.87304	3.09771
	造纸印刷和文教体育用品	2.48263	2.43844	2.77628	2.89071	2.98242	3.37745
	石油、炼焦产品和核燃料加工品	2.11836	1.94611	2.64353	2.62918	2.39229	2.73503
	化学产品	2.62845	2.58763	2.87260	2.88640	2.90250	3.22547
	非金属矿物制品	2.47818	2.55224	2.90672	2.85180	2.82558	3.10374
	金属冶炼和压延加工品	2.49590	2.52822	2.88965	2.79457	3.00676	3.29411
	金属制品	2.59319	2.70024	3.01594	2.93614	3.14443	3.43442
	非电气机械设备	2.57649	2.69585	3.00296	2.93735	3.12998	3.41903
	交通运输设备	2.61319	2.71151	3.11360	3.00144	3.14001	3.43450
	电气机械和器材	2.60124	2.70902	3.01956	2.94410	3.10955	3.40410
	通信设备、计算机和其他电子设备	2.59290	2.69104	2.98519	2.92332	3.15782	3.35131
	其他制造	2.55922	2.51587	2.97650	2.92045	3.07951	3.33225
生产性服务部门	批发和零售	2.35612	2.44735	2.68822	2.66250	2.58804	2.78773
	交通运输、仓储和邮政	2.46905	2.49971	2.71424	2.69809	2.71871	2.98659
	住宿和餐饮	2.46774	2.43086	2.68382	2.67625	2.65167	2.86073
	信息传输、软件和信息技术服务	2.40101	2.57284	2.81972	2.81746	2.90784	3.16564
	金融	2.42817	2.51562	2.70218	2.69074	2.75567	3.02541
	租赁和商务服务	2.51768	2.59665	2.65531	2.64400	2.86116	3.13337
	科技研究、技术服务及其他社会服务	2.42452	2.56535	2.80684	2.79015	2.83053	3.06480
	文化、体育和娱乐	2.44503	2.50853	2.77804	2.81606	2.74930	3.02994
经济总体复杂度		2.51496	2.59904	2.84938	2.81019	2.86910	3.14181

从表 2 可以看出，制造业部门的复杂度普遍大于其他部门的复杂度，其他部门的复杂度平均大于生产性服务部门的复杂度。制造业部门复杂度最大的五个部门除了 2002 年分散以外，2005 到 2012 年的五个部门都依次是：金属制品，非电气机械设备，交通运输设备，电气机械和器材，通信设备、计算机和其他电子设备。2015 年造纸印刷和文教体育用品替代了通信设备、计算机和其他电子设备。在生产性服务部门集合中，考察复杂度前三部门。除了 2002 年，信息传输、软件和信息技术服务部门和科技研究、技术服务及其他社会服务部门一直在各年度复杂度前三部门集合中；除了 2002 和 2005 年，信息传输、软件和信息技术服务都是复杂度最大的生产性服务部门。

从动态变化看，除了 2010 年大多数部门的复杂度普遍降低外，其它年份，绝大多数部门的复杂度都是增高的。从 2002 年至 2015 年的 13 年期间，所有部门的复杂度都是总体提高的。其中，经济总体复杂度提高了 24.92%，有 10 个部门的复杂度提高幅度超过了 30%，前五个部门依次是：造纸印刷和文教体育用品，非电气机械设备，金属制品，信息传输、软件和信息技术服务，金属冶炼和压延加工品。提高幅度最大的是"造纸印刷和文教体育用品"部门，达 36.04%。这说明，河北省产业技术进步最大的是传统重型制造业，属于改造升级型。不过，在更现代的交通运输设备、电气机械和器材、通信设备、计算机和其他电子设备，复杂度提高也不少，在 30%左右。

根据公式（13），计算得三类部门集的综合复杂度，结果见表 3.

表 3 河北省三类产业部门的综合复杂度

	2002	2005	2007	2010	2012	2015
制造业产品	2.57782	2.62183	2.85623	2.82999	2.90695	3.17606
生产性服务	2.39429	2.55306	2.74568	2.72038	2.69439	2.94290
其他部门	2.48297	2.58613	2.90550	2.82630	2.90587	3.22764

从表 3 可知，除 2010 年外，三类部门的综合复杂度都是提高的，而且生产性服务与制造业部门复杂度的提高幅度接近，两个序列的相关系数等于 0.95726，所以，可以认为，河北省生产性服务业的发展与制造业的发展是基本相适应的。

3.3 河北省经济复杂度与全国水平的比较

为了进一步了解河北省产业进步的水平，下面将河北省的部门及经济总体复杂度与根据相应年份中国投入产出表计算出的全国经济总体情况进行对比。由全国投入产出表计算出的部门复杂度和经济总体复杂度可以看作是全国各地区的平均水平。如果河北省的经济总体复杂度显著高于平均水平，说明河北经济技术进步处于上游，否则处于下游。如果河北某个部门的复杂度高于全国对应部门的平均水平，则说明河北在该部门产业上技术水平处于全国上游地区，应该具有竞争优势。表 4 是计算所得 2002 到 2015 年中国经济分部门经济复杂度。

表 4 中国经济分部门经济复杂度

		2002	2005	2007	2010	2012	2015
其他部门	农林牧渔产品和服务	2.45554	2.73918	2.89203	2.96023	2.84616	2.99447
	煤炭采选产品	2.60550	2.97795	3.12058	3.14721	2.99798	3.25661
	石油和天然气开采产品	2.60959	2.95724	3.17117	3.24096	3.06834	3.29566
	金属矿采选产品	2.57786	2.93192	3.14341	3.21415	3.04674	3.29381
	非金属矿和其他矿采选产品	2.61000	2.95825	3.12340	3.22055	3.08960	3.29700
	废品废料	1.00000	1.00000	2.48620	2.30399	2.99992	3.32589
	电力、热力的生产和供应	2.52588	2.93532	3.11183	3.14776	2.98400	3.29316
	燃气生产和供应	2.47150	2.83358	2.89111	2.95654	2.74068	3.04381
	水的生产和供应	2.56232	2.96905	3.09386	3.15000	2.99287	3.17757
	建筑	2.63170	2.99038	3.16553	3.23700	3.13304	3.36202
	房地产	2.55220	2.95774	3.06359	3.07897	2.75944	2.86626
	教育	2.61340	2.95767	3.05068	3.10108	2.88306	2.99496
	卫生、公共管理、社会保障和其他社会工作	2.58986	2.95845	3.13203	3.19497	3.03962	3.19728
制造业部门	食品和烟草	2.39891	2.66056	2.76367	2.82318	2.69646	2.80909
	纺织品	2.64604	2.92796	3.13509	3.13988	3.03235	3.11269
	纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品	2.68998	2.99015	3.17222	3.19152	3.07996	3.16070
	木材加工品和家具	2.61269	2.92809	3.09540	3.18559	3.07734	3.23198
	造纸印刷和文教体育用品	2.62637	2.96345	3.13248	3.17882	3.09596	3.30784

	石油、炼焦产品和核燃料加工品	2.27783	2.59909	2.87795	2.92908	2.76378	3.10444
	化学产品	2.63919	2.95468	3.16162	3.20919	3.09181	3.26458
	非金属矿物制品	2.58148	2.97745	3.10167	3.17528	3.06514	3.31882
	金属冶炼和压延加工品	2.59217	2.94830	3.13366	3.19181	3.06639	3.41628
	金属制品	2.68477	3.03334	3.22660	3.28836	3.16611	3.44900
	非电气机械设备	2.74844	3.08832	3.29701	3.34377	3.25519	3.46712
	交通运输设备	2.79570	3.14275	3.36304	3.40984	3.26778	3.45987
	电气机械和器材	2.73678	3.07938	3.29910	3.34925	3.24326	3.48456
	通信设备、计算机和其他电子设备	2.96256	3.29747	3.51474	3.51165	3.41067	3.53517
	其他制造	2.62967	2.94613	3.13413	3.16879	3.14631	3.32180
生产性服务部门	批发和零售	2.59391	2.96019	3.00335	3.02833	2.85781	2.98964
	交通运输、仓储和邮政	2.55698	2.85138	3.02819	3.07261	2.93058	3.10557
	住宿和餐饮	2.43637	2.71988	2.82760	2.88762	2.73314	2.84352
	信息传输、软件和信息技术服务	2.81999	3.15974	3.22872	3.22399	3.12558	3.23840
	金融	2.51610	2.87812	2.87584	2.91761	2.82012	2.90218
	租赁和商务服务	2.77537	3.11831	3.20396	3.19072	3.06331	3.20656
	科技研究、技术服务及其他社会服务	2.65764	2.97826	3.16656	3.19868	3.08399	3.22062
	文化、体育和娱乐	2.58638	2.91960	3.04577	3.11632	2.92332	3.03387
经济总体复杂度		2.60465	2.97134	3.12385	3.18436	3.03610	3.20668

将表 2 与表 4 相比，河北省与全国平均水平的显著差别有：（1）全国是在 2012 年出现了复杂度的回调，而河北省 2010 年是凹点；（2）河北的分部门复杂度变化参差不齐，多个部门出现波动，而全国除金融部门在 2007 年出现下降外，其它部门都是除了 2012 年，复杂度持续提高；（3）在制造业方面，全国复杂度最大的部门一直是通信设备、计算机和其他电子设备，而河北省主要是交通运输设备制造部门（有三个年度是）；（4）在生产性服务方面，全国复杂度最高的一直是信息传输、软件和信息技术服务，而河北省在 2002 年和 2005 年不同，是租赁和商务服务部门；（5）从 2002 到 215 年间，全国复杂度提高最大的制造业部门是石油、炼焦产品和核燃料加工品，其次是金属冶炼和压延加工品部门，而河北复杂度提高最大的制造业部门是造纸印刷和文教体育用品，其次是非电气机械设备部门。

2002 年，河北省有微弱优势的产品部门是农林牧渔产品和服务、房地产、食品和烟草、住宿和餐饮等四个部门。到 2015 年时，河北省有优势的部门是教育、造纸印刷和文教体育用品、住宿和餐饮、其他制造和金融等五个部门；除可靠性较低的废品废料部门外，优势明显的是教育、造纸印刷和文教体育用品和金融。

以上分析结果说明，河北省的产业技术水平在全国普遍处于下游水平，作为农业大省，其农业竞争优势不进反退。从制造业方面看，全国复杂度最高的部门是通信设备、计算机和其他电子设备，这反映了现代科技创新的主导方向，而河北省复杂度最高的部门是交通运输设备制造部门，说明河北省的相对优势产业处于产业链的末端。从生产性服务部门看，在全国统一大市场的驱动下，河北相对优势产业也从低端的租赁和商务服务部门转变到与全国一致的信息传输、软件和信息技术服务。可以得出初步的结论：河北省经济技术水平虽然在不断进步，但仍然很落后。

现在再根据三类部门集的综合复杂度分析一下河北省的发展差距，全国数据见表 5。

表 5 全国三类产业部门的综合复杂度

	2002	2005	2007	2010	2012	2015
制造业产品	2.66025	3.00514	3.18718	3.23683	3.11229	3.27659
生产性服务	2.59478	2.93380	3.02833	3.07584	2.93788	3.06672
其他部门	2.57864	2.95928	3.10771	3.18010	3.01781	3.21815

比较表 3 与表 5 知，在整个考察时期，除了“其他部门集”在 2015 年稍大外，河北省的三类部门集的综合复杂度都低于全国平均水平。尤其是在生产性服务方面，后期追赶步伐迟缓（参见表 6）。河北省制造业与生产性服务部门复杂度的相关系数也低于全国水平，全国是 0.979，河北省 0.957。所以，虽然由于产业间的内在关联性使得河北生产性服务业与制造业发展基本适应，但是，其适应度仍很不够。

表 6 河北与全国三类产业部门的综合复杂度之比

	2002	2005	2007	2010	2012	2015
制造业产品	0.969	0.872	0.896	0.874	0.934	0.969
生产性服务	0.923	0.870	0.907	0.884	0.917	0.960
其他部门	0.963	0.874	0.935	0.889	0.963	1.003

吴三忙、李善（2013）[10]同曾用文献[3]的方法测算中国的分部门经济复杂度，其 2007 年的前五个部门顺序是：通信设备、计算机及其他电子设备制造业，服装皮革羽绒及其制品业，纺织业，交通运输设备制造业，金属冶炼及压延加工业；本文测算的结果是：通信设备、计算机和其他电子设备，交通运输设备，电气机械和器材，非电气机械设备，信息传输、软件和信息技术服务。相比于修正前的经济复杂度测算方法，本文修正后的测算方法显然更合理。

4 结语

产业和经济总体的生产过程的技术复杂度在一定意义上反映了经济发展的先进性水平。在一般情况下，复杂度应该随着经济发展而不断增大，本文的分析结果总体上证明了这一点。首先，总体上全国及河北经济的复杂度在总体上都是逐年增大的，并且对产业复杂度的计算结果基本符合人们的直觉。对河北省做出的其经济技术水平总体落后于全国平均水平、生产性服务与制造业基本适应的结论也是可以接受的。不过，从上面的分析看到，有些年份有些部门会出现复杂度倒退现象，这里的原因首先是因为计算所用投入产出表是现价表，作为复杂度指数的基础的直接消耗系数和最终使用结构是与价格体系紧密相关的。其次，如果复杂度计算结果出现过大的变动，则有可能涉及到统计口径的较大变化，比如，将研发服务产品作为最终产品处理对于技术进步较大和发达国家的经济统计与核算结果将产生重大影响。所以，投入产出技术有效应用的一个前提是稳定一致的统计技术与制度体系。

作者简介：刘新建（1963-），山西稷山人，工学博士，现为燕山大学经济管理学院教授，主要研究方向为经济数量分析、评价理论与方法。

参考文献：

[1] Hausmann R, Hidalgo C A, et al. The Atlas of Economic Complexity: Mapping Paths to Prosperity. Massachusetts: MIT Press, 2011

[2] Amaral F, Dias J, Lopes J. Complexity as Interdependence in Input-Output Systems[J]. Environment and Planning A, 2007,39(7):1770-1782

[3] Erik D., Romero I. Production Chains in an Interregional Framework: Identification by Means of Average Propagation Lengths[J].International Regional Science Review, 2007,30(7):48-60

[4] Carlos L, Joao D, Amaral F. Multiregional Input-Output Structural Path Analysis[J]. Annals of Regional Science, 2008,32(3):23-31

[5] 李金勇. 上海生产性服务业发展研究[D]. 上海：复旦大学博士学位论文，2005

[6] 王金武. 我国生产性服务业和制造业互动分析及其对策研究[D]. 武汉：武汉理工大学硕士学位论文，2005

[7] 高月媚. 东北老工业地区生产性服务业与制造业联动实证分析[J]. 统计与决策, 2018(24):120-123
[8] 汪斌, 金星. 生产性服务业提升制造业竞争力的作用分析——基于发达国家的计量模型的实证研究[J]. 技术经济, 2007(1):44-47
[9] 杜传忠, 王鑫, 刘忠京. 制造业与生产性服务业耦合协同能提高经济圈竞争力吗?——基于京津冀与长三角两大经济圈的比较[J]. 产业经济研究, 2013(6):19-28
[10]吴三忙, 李善同. 中国经济复杂度及其演变:基于 1987 年至 2007 年的投入产出表测度[J]. 管理评论, 2013(3):5-13+19